

***Actualización de la disponibilidad media anual
de agua en el acuífero Jeréz (3205), Estado de
Zacatecas***

*Publicada en el Diario Oficial de la Federación
20 de abril de 2015*

Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea

Publicada en el diario oficial de la federación el 20 de Abril de 2015

El artículo 22 segundo párrafo de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), señala que para el otorgamiento de una concesión o asignación, debe tomarse en cuenta la disponibilidad media anual del agua, que se revisará al menos cada tres años; sujetándose a lo dispuesto por la LAN y su reglamento.

Del resultado de estudios técnicos recientes, se concluyó que existe una modificación en la disponibilidad de agua subterránea, debido a cambios en el régimen natural de recarga, volumen concesionado y/o descarga natural comprometida; por lo que se ha modificado el valor de la disponibilidad media anual de agua.

La actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea publicada en este documento corresponde a una fecha de corte en el **Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014.**

DXLIII REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "LERMA-SANTIAGO-PACÍFICO"

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					

ESTADO DE ZACATECAS

3205	JERÉZ	33.4	0.3	54.190223	34.4	0.000000	-21.110223
------	-------	------	-----	-----------	------	----------	------------

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.

ACUIFERO 3205 JEREZ

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	103	18	50.6	22	24	16.7	
2	103	18	1.4	22	28	8.4	
3	103	16	17.0	22	32	48.7	
4	103	17	19.0	22	36	13.6	
5	103	12	33.7	22	40	42.8	
6	103	11	29.5	22	42	51.3	
7	103	9	53.2	22	43	2.5	
8	103	8	49.0	22	44	14.7	
9	103	10	40.9	22	46	45.0	
10	103	10	29.9	22	48	27.0	
11	103	6	30.4	22	52	54.7	
12	103	3	53.9	22	54	42.5	
13	103	1	18.9	22	57	44.3	
14	103	1	10.1	23	2	4.9	
15	102	59	34.9	23	1	41.1	
16	102	54	35.7	22	59	12.4	
17	102	52	13.0	22	52	55.5	
18	102	48	36.1	22	47	3.9	
19	102	49	24.4	22	44	58.3	
20	102	46	53.7	22	40	55.7	
21	102	46	27.7	22	39	13.4	
22	102	49	7.2	22	35	38.4	
23	102	55	16.2	22	33	59.1	
24	102	54	58.4	22	32	13.5	
25	102	56	55.5	22	27	24.6	
26	102	58	42.4	22	27	5.5	
27	103	3	59.2	22	19	54.2	
28	103	3	4.5	22	16	10.2	
29	103	3	28.9	22	14	42.9	DEL 29 AL 1 POR EL LIMITE ESTATAL
1	103	18	50.6	22	24	16.7	



Comisión Nacional del Agua

Subdirección General Técnica

Gerencia de Aguas Subterráneas

Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica

***DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD
DE AGUA EN EL ACUÍFERO JEREZ,
ESTADO DE ZACATECAS***

México, D.F., 30 de abril de 2002

CONTENIDO

1.- GENERALIDADES

- 1.1.- Localización
- 1.2.- Situación administrativa del acuífero

2.- ESTUDIOS TECNICO REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

3.- FISIOGRAFIA

- 3.1.- Provincias fisiográficas y geomorfología
- 3.2.- Clima
- 3.3.- Hidrografía

4.- GEOLOGIA

- 4.1.- Estratigrafía
- 4.2.- Geología estructural
- 4.3.- Geología del subsuelo

5.- HIDROGEOLOGIA

- 5.1.- Modelo conceptual
- 5.2.- Parámetros hidráulicos
- 5.3.- Piezometría
- 5.4.- Comportamiento hidráulico
- 5.5.- Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

6.- CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA

7.- BALANCE DE AGUAS SUBTERRANEAS

- 7.1.- Estimación de la recarga
- 7.2.- Estimación de las salidas
- 7.3.- Cambio de almacenamiento

8.- DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA

ACUÍFERO: JEREZ

1.- GENERALIDADES

1.1.- Localización

El acuífero Jerez se localiza en la porción Centro Suroeste del Estado de Zacatecas, limitando al Sur con el Estado de Jalisco. El área cubre una superficie aproximada de 2,471 km², que representa el 3 % del territorio estatal; ocupando de manera parcial a los municipios de Zacatecas, Fresnillo, Jerez, Villanueva, Tepetongo, Susticacán y una pequeña fracción del municipio de Calera, que corresponde a una zona topográficamente alta.

Geográficamente, el acuífero Jerez se localiza dentro de la poligonal cuyos vértices se enlistan a continuación:

Vértice	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	103	14	45.6	22	23	56.4	
2	103	18	50.4	22	24	18.0	
3	103	17	20.4	22	36	14.4	
4	103	14	13.2	22	37	44.4	
5	103	13	12.0	22	41	45.6	
6	103	9	54.0	22	44	9.6	
7	103	10	40.8	22	46	44.4	
8	103	6	28.8	22	52	55.2	
9	103	3	54.0	22	54	43.2	
10	103	0	39.6	23	1	22.8	
11	102	58	8.4	23	2	24.0	
12	102	52	30.0	22	55	37.2	
13	102	48	0.0	22	47	31.2	
14	102	48	10.8	22	44	45.6	
15	102	47	16.8	22	43	33.6	
16	102	48	57.6	22	37	12.0	
17	102	50	27.6	22	36	36.0	
18	103	3	28.8	22	14	42.0	Del 18 al 1 por el límite estatal
1	103	14	45.6	22	23	56.4	

Los principales centros de población del área son las Cabeceras Municipales de Jerez de García Salinas, Tepetongo y Susticacán.

La zona esta bien comunicada, la vía más importante es la Carretera Estatal, que une las comunidades de Malpaso, Jerez y Tepetongo, así mismo, a la altura de la comunidad Ermita de Guadalupe, entronca la carretera que comunica a la comunidad de Susticacán.

La actividad de mayor importancia en la región es la agricultura de riego y temporal, siendo los principales cultivos el maíz, frijón, chile y árboles frutales como el durazno, otra de las actividades es la ganadería y el comercio, siendo Jerez una de las importantes cuencas lecheras del Estado.

1.2.- Situación administrativa del acuífero

La conservación de aguas del subsuelo, fue declarada de interés público por el Ejecutivo Federal, mediante los decretos de veda publicados en el Diario Oficial de la Federación el día 16 de mayo de 1960, que comprendió una pequeña superficie en su porción Norte; del resto de la zona, el decreto fue publicado el 5 de agosto de 1988; en estos dos decretos el tipo de veda que se establece es de control.

Así mismo, en el Estado están definidas distintas zonas de disponibilidad, que de acuerdo a la Ley Federal de Derechos vigente para el año 2000, de los siete municipios que conforman la región, tres de ellos (Jerez, Susticacán y Tepetongo) se ubica en la zona de disponibilidad No.6; otros dos (Fresnillo y Zacatecas) en la zona No. 4; uno de ellos (Calera) en la zona No. 5; y uno más (Villanueva) en la zona No. 7.

2.- ESTUDIOS TECNICO REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

Los estudios de carácter geohidrológico realizados en la zona son los siguientes:

- ◆ Estudio Geohidrológico preliminar de la cuenca de Jerez, en el Estado de Zacatecas, S. A. R. H., 1974. Este consistió entre otras actividades, de reconocimientos hidrogeológicos, censo de aprovechamientos, nivelación de brocales, toma de lecturas piezométricas, hidrometría de extracciones, pruebas de bombeo, toma de muestras de agua y análisis físico - químico. Los resultados del balance, concluyen que el acuífero se encuentra en condiciones de equilibrio, la recarga total obtenida fue de 15.13 Mm³/año, mientras que el bombeo fue de 13.29 Mm³/año.

- ◆ Estudio Geohidrológico del Valle de Jerez, Estado de Zacatecas. Consistió en una actualización del estudio anterior, realizándose además exploraciones geofísicas. . Los resultados del balance, concluyen que el acuífero se encuentra en condiciones de equilibrio dinámico, siendo la recarga total (28.5 Mm³/año) muy similar a las extracciones por bombeo (26.7 Mm³/año).

- ◆ Estudio para la Reactivación de Redes de Monitoreo del Acuífero del Valle de Jerez, C.N.A., 1998.

- ◆ Actualización del Censo de Aprovechamientos, C.N.A., 1998. Reporte Interno.

3.- FISIOGRAFIA

3.1.- Provincias fisiográficas y geomorfología

La zona geohidrológica forma parte de la Provincia Fisiográfica de La Sierra Madre Occidental, ocupando la Subprovincia Sierras y Valles Zacatecanos, los principales sistemas de topofomas que se observan son: en la porción central un piso amplio de valle, que presenta algunos lomeríos en su porción Sur; este valle se encuentra bordeado en su parte Norte por sierras altas; en su parte Occidental por sierras altas y sierras bajas con mesetas; al Noreste por sierras bajas; y al Oriente y Sureste por sierras altas con mesetas.

El principal sistema montañoso es la Sierra de Cardos, ubicada al occidente de la zona, con elevaciones máximas del orden de los 2,790 msnm mientras que las elevaciones mínimas se presentan en el valle, siendo del orden de 1080 msnm. El drenaje en general es de tipo dendritico. Por sus características, la región se ubica en una etapa geomorfológica de madurez temprana.

3.2.- Clima

De acuerdo a la clasificación de W. Koppen, modificado por E. García, se distinguen dos tipos de clima: la mayor parte de la zona pertenece al tipo semiseco BS₁kw, con lluvias en verano y en menor proporción en invierno; al Occidente de la zona, en la Sierra de Cardos se presenta un clima de tipo templado C(w₁) y C(w₀).

Para el análisis climatológico se contó con la información de 4 estaciones que son: Jerez de García Salinas, Boca del Tesorero, Susticacán y Tepetongo, todas se ubican dentro del área de estudio, estas se presentan a continuación con su localización y su respectivo período de análisis:

Estación Climatológica	Coordenadas geográficas		Período de información (años)
	Latitud	Longitud	
Jerez de García Salinas	28° 38' 31"	103° 38' 31"	1963 - 1999
Boca del Tesorero	22° 49' 25"	102° 57' 06"	1980 - 1999
Susticacán	22° 36' 28"	103° 05' 38"	1980 - 1999
Tepetongo	22° 27' 13"	103° 09' 14"	1980 - 1999

3.2.1.- Precipitación

La precipitación promedio anual es de 479.8 mm/año, varia de un valor máximo de 787 mm/año, registrada en la estación Tepetongo en el año 1997, a un mínimo de 195.2 mm/año, registrada en la estación Boca del Tesorero en el año 1989. Respecto a la precipitación media mensual, el valor máximo se registró en la estación Tepetongo en el mes de julio con 140.4

mm, el valor mínimo fue reportado en el mes de marzo en la estación Susticacán, este fue de 1.80 mm.

Para fines prácticos del presente documento, únicamente se anexan las gráficas de la estación Jerez, por considerar que es la más representativa dado que se encuentra prácticamente en el centro del valle; en estas se observa una alternancia de años húmedos y secos en periodos de uno a dos años, el periodo de lluvias, en general, es de mayo a octubre, con lluvias en invierno, siendo marzo el mes mas seco.

3.2.2.- Temperatura

Para el análisis de la temperatura únicamente se utilizo la información de las estaciones Jerez y Boca del Tesorero, de las otras dos estaciones no existen datos relativos a temperatura. El valor promedio de temperatura media anual es de 16.9° C, el valor mayor se obtuvo en el año 1970, con 18.6° C, registrada en la estación Jerez la temperatura mínima fue de 14.7° C tomada en 1964 en la misma estación.

La temperatura máxima media mensual, se registró en el mes de junio en la estación Jerez con 21.9° C, la mínima fue de 11.9° C, obtenida en el mes de diciembre en la estación Boca del Tesorero; el período caluroso del año es de mayo a agosto, siendo enero el mes más frío.

3.2.3.- Evaporación

La evaporación potencial media anual es de 2028.3 mm; el año con índice mayor de evaporación media fue 1969 con un valor de 3163.9 mm/año, reportada en la estación Jerez. El valor menor fue de 1261.6 mm/año, reportado en la estación Tepetongo en el año 1991.

La evaporación promedio mensual en el período y para las estaciones analizadas resultó ser de 169.3 mm; el mes con índice mayor de evaporación media fue mayo con 268.2 mm, obtenida en la estación Jerez; el de menor valor fue diciembre con 105.4 mm; reportada en la estación Tepetongo.

3.3.- Hidrografía

La zona geohidrológica se localiza en la porción Norte de la Región Hidrológica No. 12 "Lerma-Chapala-Santiago", en la Cuenca Hidrológica "Río Bolaños" y la Subcuenca "Río Jerez". En el área de estudio la corriente superficial de mayor importancia esta representada por el "Río Jerez", que es afluente del Río Colotlán, mismo que confluye al Río Grande de Santiago.

El Río Jerez, es de carácter intermitente, drena de Norte a Sur por la parte central del valle, sus principales afluentes son el Río Boca del Tesorero, que drena la parte Norte y el Río El Cargadero, formado por varios arroyos pequeños que descienden de la Sierra de Cardos.

Existen en la zona algunas presas de almacenamiento de importancia mismas que a continuación se relacionan:

Principales aprovechamientos hidráulicos superficiales de la zona

Nombre	Municipio	Capacidad Almacenamiento (Mm ³)	Corriente aprovechada	Beneficio (Has.)
Ramón López Velarde (Boca El Tesorero)	Jerez	27.0	R. Jerez	710
El Cargadero	Jerez	1.0	R. El Cargadero	
Lauro G. Caloca (Los Ríos)	Jerez	2.0	A. Presa las Pilas	156
Susticacán	Susticacán	4.5	A. El Maguey	
El Ahuichote	Tepetongo	0.9	R. El Ahuichote	
Ing. Antonio Campuzano (La Cuadrilla)	Tepetongo	8.0	A. La Cuadrilla	215
Viboras	Tepetongo	3.0	R. La Chaveña	202
El Cuidado	Tepetongo	0.5	R. Jerez	
	Total	46.9		1283

Además existen numerosos bordos y tanques que sumados con las presas constituyen un grupo importante de almacenamientos de aguas superficiales.

4.- GEOLOGIA

4.1.- Estratigrafía

Sistema Terciario

Pórfido riolítico

Consiste de mantos de pórfidos riolíticos de color rosado de grano grueso, que varia a grano mas fino y que presenta fracturamiento columnar, en algunos sitios presenta estructura fluidal. Esta unidad esta emplazado dentro del paquete volcánico ácido, por lo que se le asigna una edad correspondiente al Terciario. Aflora ampliamente en la Sierra de Cardos y en las cercanías de la comunidad Juancho Rey.

Riolitas y tobas

Esta unidad esta constituida por una intercalación de tobas ácidas y riolitas con características similares a las dos unidades siguientes. Se presenta en alternancia en estratos de hasta 4 metros de espesor. Es la unidad que aflora mas ampliamente, constituyendo la mayor parte de mesetas y sierras del área. Estas rocas forman parte de un paquete volcánico ácido de edad Oligoceno - Mioceno.

Riolita

Esta unidad esta constituida por riolitas de textura merocrystalina, en ocasiones porfídica, con fenocristales de plagioclasa, presenta estructura fluidal y esferulítica, es de color rosa con tonos de gris y en algunos sitios tiene vetillas de cuarzo, la unidad forma parte de una secuencia volcánica, aflora en ambas márgenes de la cortina de la Presa Boca del Tesorero y sobreyace a la alternancia de riolitas y tobas ácidas.

Toba ácida

Consiste de tobas arenosas, tobas riolíticas, algunas cristalinas y de ignimbritas; las tobas presentan en algunos sitios fracturamiento columnar y en otros se presentan masivas. Se encuentran distribuidas en toda el área, en afloramientos medianos, se encuentra cubierta por unidades clásticas y lavas del Terciario Superior y Cuaternario.

Traquita

Esta representada por traquitas con textura holocrystalina afanítica, en ocasiones porfídica, es una roca densa de color gris oscuro y presenta intemperismo incipiente. La unidad cubre discordantemente a las riolitas y tobas ácidas del Terciario; aflora al occidente del poblado Ermita de Guadalupe.

Pórfido Riolítico

Consiste de mantos de pórfidos riolíticos de color rosado de grano grueso, que varia a grano más fino y que presenta fracturamiento columnar, en algunos sitios presenta estructura fluidal. Esta unidad esta emplazado dentro del paquete volcánico ácido, por lo que se le asigna una edad correspondiente al Terciario. Aflora ampliamente en la Sierra de Cardos y en las cercanías de la comunidad Juancho Rey.

Arenas y conglomerados

Unidad de origen continental constituida por una intercalación de areniscas de grano medio a grueso y de conglomerados polimícticos, en estratos lenticulares gruesos hasta de 3 m. de espesor. Esta unidad fue originada por el intemperismo y transporte de tobas ácidas y riolitas, por lo que predominan los clastos de rocas ígneas, que se presentan subredondeados, la matriz del conglomerado es areno - limosa y en algunos sitios se presenta muy cementado por carbonatos. Las areniscas están medianamente compactadas y tienen matriz limosa. La unidad sobreyace a las rocas volcánicas ácidas, y subyace parcialmente a conglomerados y aluviones. La unidad aflora ampliamente al Noroeste de la zona, en los alrededores de la comunidad Ordoñez.

Conglomerado

Esta unidad consiste de conglomerado polimícticos, en estratos gruesos y masivos, sus clastos son de rocas volcánicas, de tamaños que varían entre 1 y 20 cm., tienen formas equidimensionales a tabulares, son subredondeados y se encuentran en una matriz areno arcillosa. El conglomerado se presenta cementado, por lo general medianamente por carbonatos, es frecuente que estén cubiertos por una costra de caliche. La unidad esta expuesta al Norte del valle, aguas arriba de la Presa Boca del Tesorero; al Sur, en las

cercanías de la comunidad Exhacienda de Buenavista; y al Suroeste, en los alrededores del poblado El Salitrillo.

Sistema Cuaternario

Basalto

Esta unidad consiste de basaltos de olivino, con estructura vesicular, se presenta formando coladas acordonadas y presenta intemperismo incipiente. Se observan al Sur de la zona, en afloramientos medianos, sobreyaciendo a tobas.

Aluvión

La unidad incluye a los depósitos aluviales, lacustres y residuales, esta constituida por arcillas, limos, granos de cuarzo y fragmentos líticos, de los cuales predominan los de rocas volcánicas.

4.2. Geología estructural

En el área se pueden identificar dos fases tectónicas de deformación principales; la primera, de carácter compresivo tuvo lugar a finales del Cretácico y principios del Terciario y fue la responsable del plegamiento de las rocas sedimentarias Mesozoicas, cuya morfología fue cubierta con la depositación de un potente paquete de rocas volcánicas. La segunda fase tectónica de deformación ocurrió durante el Terciario, fue de carácter distensivo y se refleja en la existencia de algunas fallas normales que presentan una orientación general Norte - Sur.

4.3. Geología del subsuelo

Las exploraciones geofísicas realizadas en el área cubrieron la mayor parte del valle; estas se llevaron a cabo durante el estudio elaborado en el año 1981, denominado “Estudio Geohidrológico del Valle de Jerez, estado de Zacatecas”, se realizaron un total de 35 sondeos eléctricos verticales (SEV), distribuidos en 4 secciones geofísicas.

La Sección 1, formada por 9 sondeos eléctricos verticales, fue trazada desde el poblado El Cargadero, pasando por la cabecera municipal de Jerez, finalizando en la comunidad Tetillas, tiene una longitud de 14 km.

La Sección 2, esta formada por 8 sondeos eléctricos verticales, tiene una orientación Oeste - Este, su longitud es de 12 km, y va del poblado Susticacán hasta la rancharía La Labor.

La Sección 3, tiene la misma orientación que el anterior, esta formado por 10 sondeos eléctricos verticales, con una longitud de 21 km. Corre desde el poblado de Juancho Rey, finalizando en la Exhacienda de Buenavista.

La Sección 4, esta compuesto por 7 sondeos eléctricos verticales, tiene una orientación NW - SE, su longitud es de 12 km, va de la Comunidad La Cuadrilla y finaliza al NW de la comunidad El Capulín de las Salinas.

Además de los estudios geofísicos realizados, se cuenta con cortes litológicos de pozos construidos en diferentes años, que permiten definir la mayor parte de la geometría del subsuelo.

El acuífero cubre superficialmente una extensión de 341 km², que representa el 13.8 % respecto al área total de la zona geohidrológica, tiene forma alargada, con orientación NE - SW, presentando una ligera extensión en su parte Noreste; y un estrechamiento en su parte Sur; longitudinalmente mide 47 km y tiene un ancho medio de 8 km, sin embargo su parte mas ancha tiene una longitud de 18 km.

Los depósitos granulares del Terciario (intercalación de arenas tobaceas y conglomerados), se encuentran formando un acuífero de tipo libre, cuyo basamento lo forman rocas volcánicas ácidas compactas, estas mismas rocas constituyen las barreras laterales, las cuales en las zonas de recarga se presentan fracturadas; la profundidad del basamento varia de 30 m. en los bordes del acuífero, a mas de 300 m. en la porción central del valle.

5.- HIDROGEOLOGIA

5.1.- Modelo conceptual

El acuífero esta constituido por sedimentos clásticos, depositados en una fosa, de origen tectónico, ocasionado posiblemente por el fallamiento tipo Graben provocado por la tectónica distensiva desarrollada durante el Oligoceno, y que afectó a ésta porción del territorio mexicano, sin embargo no se tiene confirmado la existencia de estas fallas normales de dimensiones regionales.

Los límites de la zona geohidrológica coinciden con el parteaguas que delimita una cuenca que tiene continuidad superficial y subterráneamente hacia el Estado de Jalisco. La recarga que recibe el acuífero proviene de la precipitación pluvial que se realiza sobre las sierras, mesetas y lomeríos, la cual, una parte se infiltra a través del fracturamiento de las rocas volcánicas, y alimenta por flujo subterráneo al acuífero, otra parte de la precipitación que se realiza en las zonas de recarga, escurre superficialmente, infiltrándose parte de este escurrimiento, al llegar al contacto con los materiales granulares, otra parte es drenada fuera de la cuenca a través del Río Jerez; las infiltraciones que ocurren a lo largo del cauce del río en temporada de lluvias, es otra componente de la recarga, ya que el río se comporta como una corriente efluente.

Así mismo, la recarga se realiza por la infiltración de agua que se precipita sobre el mismo valle, alimentando por flujo vertical al acuífero. Un volumen importante proviene de los retornos de riego por bombeo.

La componente principal de la descarga, es la que se realiza de manera artificial por bombeo de pozos y norias; ocurre también de manera natural por manantiales y flujo subterráneo hacia el Estado de Jalisco.

La dirección preferencial del flujo subterráneo es de Norte a Sur: En las porciones Este y Oeste dentro de los límites con las sierras mesetas y lomeríos, las líneas equipotenciales de elevación del nivel estático, se presentan ligeramente paralelas a estas, convergiendo en el centro del valle para continuar con dirección Sur.

5.2.- Parámetros hidráulicos

Las características hidráulicas del acuífero se determinaron mediante la interpretación, de 44 pruebas de bombeo de corta duración, en su etapa de abatimiento y recuperación, las cuales fueron realizadas durante los estudios geohidrológicos de los años 1974 y 1981.

Los valores de transmisividad varían en gran medida, en términos generales van de 0.16 a $14.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, sin embargo se obtuvieron valores máximos de 38 y $46 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, ambas pruebas fueron realizadas en norias.

De acuerdo con los resultados de estas pruebas, se le asignó en los bordes del acuífero, valores de transmisividad del orden de 0.2 a $0.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, mientras que en la parte central del valle, a lo largo del cauce del Río Jerez, se tienen valores del orden de 1.3 a $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Para el caso del coeficiente de almacenamiento, considerando el tipo y características de los materiales que constituyen el subsuelo de la región, se adaptó un valor de 0.05, el cual queda dentro del rango para acuíferos libres.

5.3.- Piezometría

Los primeros datos relativos a la posición del nivel del agua fueron tomados durante el estudio del año 1974, la construcción de nuevos aprovechamientos permitió obtener con mayor información, contándose a la fecha con una red de 136 pozos piloto, que se han monitoreado en forma continua en el periodo que comprende de 1974 a 1998; lo cual nos permite contar con una historia piezométrica completa, que incluye información en temporada de estiaje y de lluvias.

5.4.- Comportamiento hidráulico

Profundidad del nivel estático

Con la información del último recorrido de observación piezométrica, se elaboró el plano de curvas de igual profundidad del nivel estático, correspondiente a abril de 1998, en el cual se observa, que las profundidades menores se presentan en la parte Noreste del acuífero con valores del orden de 20 a 40 m.; mientras que las profundidades máximas, del orden de 60 a 90 m. se presentan en la porción occidental, en los límites con la Sierra de Cardos y en la parte norte, a la altura de la comunidad Luis Moya, en el resto de la zona, las profundidades del nivel, van de 30 a 50 m.

Elevación al nivel estático

Las líneas equipotenciales de igual elevación a los niveles estáticos correspondientes a abril de 1998, muestran una dirección del flujo subterráneo que va de Norte a Sur del valle, siguiendo el cauce del Río Jerez. Las elevaciones varían de 2050 msnm en la porción noreste y 2040 msnm en la parte Norte, a 1870 en la porción Sur del valle.

El plano muestra que la recarga al acuífero proviene de la zona de transición del valle con las montañas, mesetas y lomeríos, incorporándose posteriormente al flujo general que es de Norte a Sur, para continuar hacia el Estado de Jalisco.

Cabe mencionar, que la configuración de curvas se realizó considerando únicamente el nivel detectado en pozos profundos, dejando fuera los niveles registrados en norias, ya que estos son producto de niveles someros originados por el flujo del agua a través de los depósitos aluviales.

Evolución del Nivel Estático

La evolución del nivel estático correspondiente al periodo abril 1989 - mayo 1998, presenta en la porción Noreste y Sur del acuífero, abatimientos mínimos de 2 m y máximos de 6 m; mientras que en la porción central se observan valores que van de los 2 a los 15 m, provocados por la alta concentración del bombeo, los descensos mayores se registraron entre las comunidades El Centro y El Durazno y al NW de la comunidad Ermita de Guadalupe. En promedio, el ritmo de abatimiento medio anual en el acuífero varía de 0.22 a 1.6 m.

5.5.- Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

De un total de 67 muestras analizadas durante el estudio del año 1974, se pudo determinar, que el agua del acuífero es de buena calidad, teniéndose concentraciones de sólidos totales disueltos (STD) que varían de 130 a 764 partes por millón (ppm).

La concentración de cloruros varía de 10 a 60 mg/l. Los valores más altos, de 50 a 60 mg/l, se presentan en la porción oeste del valle, y las menores en el centro del mismo, a lo largo del curso del Río Jerez.

La concentración de sulfatos varía de 50 a 250 mg/l. En la porción norte del valle, el incremento en la concentración ocurre de la periferia hacia el centro del valle; en la porción Sur, las concentraciones más bajas en sulfatos ocurren a lo largo del Río Jerez, y se incrementan hacia el Poniente.

Los bicarbonatos varían de 50 a 400 mg/l. Existe un incremento en los valores de Norte a Sur, coincidiendo con la dirección predominante del flujo subterráneo.

El contenido del ion calcio varía de 10 a 130 mg/l, en general, a lo largo del Río Jerez se presentan valores más bajos que en las márgenes del mismo.

Las concentraciones de sodio varían de 15 a 150 mg/l los valores más bajos ocurren en la periferia del valle, incrementándose hacia el centro del mismo.

La mayoría de las muestras quedan dentro de la clasificación C₂ - S₁, que corresponde a salinidad media y contenido de sodio bajo.

El agua contenida en la unidad hidrogeológica formada por tobas y riolitas, es del tipo Cálctica - Bicarbonatada y la contenida en los depósitos aluviales, es predominantemente Sódica - Bicarbonatada.

6.- CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA

La actualización del inventario de aprovechamientos hidráulicos subterráneos realizado en abril de 1998, reveló la existencia de 534 obras, de las cuales 488 están activas y 46 inactivas. De acuerdo al tipo de aprovechamiento, de las obras activas, 166 son pozos y 65 corresponden a norias.

Atendiendo su uso, de los pozos 136 son destinados a la agricultura, 29 para abastecimiento de agua potable y 1 es industrial.

De las norias, 175 son destinadas a la agricultura, 102 para abastecimiento de agua potable de rancherías y pequeñas comunidades y 45 para fines doméstico - pecuario.

En conjunto, estas obras extraen un volumen anual de 34.43 Mm³/año, del cual 32.05 Mm³/año es para uso agrícola, 2.31 Mm³/año se emplea en agua potable y servicios, 0.01 Mm³/año para doméstico - pecuario y 0.06 Mm³/año para fines industriales.

Evaluación de la extracción de acuerdo al uso del agua

Tipo de Obra	Uso del agua										obras inactiv.
	Agrícola		doméstico/pecuario		público ur./servicios		industrial		Total		
	No. Aprov.	volumen extracc.	No. aprov.	volumen extracc.	No. aprov.	volumen extracc.	No. aprov.	volumen extracc.	No. aprov.	Volumen Extracc.	

		(Mm ³ /año)		(Mm ³ /año)		(Mm ³ /año)		(Mm ³ /año)		(Mm ³ /año)	
Pozos	136	29.952	0	0.000	29	1.077	1	0.057	166	31.09	27
Norias	175	2.094	45	0.014	102	1.232	0	0.000	322	3.34	19
Totales	311	32.05	45	0.01	131	2.31	1	0.06	488	34.43	46

El volumen de agua que se extrae por bombeo del acuífero, se estimó en base al siguiente criterio:

- A) En el caso de aprovechamientos de uso agrícola, se asignó un volumen de 6,000. m³/año por hectárea, que implica una lámina de riego promedio de 0.60 m., independientemente del cultivo realizado.
- B) Para uso público urbano, se le asignó a cada habitante, una dotación de 150 litros por día, (54.75 m³/año).
- C) Para uso pecuario, se estimó aplicando un promedio de 50 litros por cabeza de ganado mayor, (18.25 m³/año), y 5 litros por cabeza de ganado menor, (1.825 m³/año).
- D) En el caso del uso industrial, se utilizó el volumen que fue concesionado por el Registro Público de Derechos del Agua (REPGA).

7.- BALANCE DE AGUAS SUBTERRANEAS

El área donde se tiene información piezométrica, considerada para la realización del balance es de 325 km², representa el 95 % respecto al área acuífera. A partir de la configuración de elevación media del nivel estático para el periodo mayo 1989 - abril 1998, se trazo la red de flujo y área de balance. Los valores obtenidos fueron referenciados a un año.

La ecuación general de balance de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es como sigue:

$$\text{Entradas (E) - Salidas (S) = Cambio en el volumen almacenado (CVA)}$$

Que de acuerdo al modelo conceptual de la zona puede representarse por los términos siguientes:

$$E_h + I_p + I_r - S_h - B = CVA$$

Donde:

E_h: Recarga por flujo horizontal de zonas de recarga

I_p: Infiltración por lluvia

I_r: Infiltración en áreas de riego

S_h: Salidas por flujo subterráneo horizontal

B: Bombeo
CVA: Cambio en el volumen almacenado

7.1.- Estimación de la recarga

Entradas por flujo subterráneo (Eh)

El cálculo de entradas por flujo horizontal, producto de la precipitación que se infiltra en las zonas de recarga, se realizó en base a la red de flujo, partiendo de la configuración de elevación media del nivel estático para el periodo mayo 1989 - abril 1998, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q = T * B * i$$

donde:

- Q:** Gasto que pasa por una determinada celda
- T:** Transmisividad
- B:** Ancho de celda
- i:** Gradiente hidráulico

El gasto obtenido en un total de 33 celdas de entrada fue de 0.371376368 m³/s, que corresponde a **11.7 Mm³/año**

Resultados del calculo de entradas por flujo horizontal (Eh)

NO. CELDA	h ₁ m	h ₂ m	Δh M	ΔL M	i m	B m	T m ² /s	Q m ³ /s
1	1,910	1,900	10	1,300	0.007692	2,600	0.0003	0.006600
2	1,910	1,900	10	1,150	0.008696	2,000	0.0003	0.005739
3	1,910	1,900	10	950	0.010526	3,150	0.0005	0.014921
4	1,910	1,900	10	950	0.010526	3,150	0.0005	0.014921
5	1,930	1,920	10	800	0.012500	2,250	0.0004	0.010406
6	1,940	1,930	10	820	0.012195	1,550	0.0004	0.006994
7	1,940	1,930	10	950	0.010526	620	0.0004	0.002611
8	1,940	1,930	10	800	0.012500	2,300	0.0004	0.011500
9	1,940	1,930	10	750	0.013333	2,000	0.0004	0.010667
10	1,950	1,940	10	500	0.020000	1,700	0.0004	0.013600
11	1,960	1,950	10	550	0.018182	2,050	0.0006	0.021991
12	1,980	1,970	10	650	0.015385	2,800	0.0006	0.025415
13	1,990	1,980	10	800	0.012500	2,300	0.0006	0.016963
14	1,990	1,980	10	700	0.014286	2,220	0.0006	0.018711
15	1,990	1,980	10	1,300	0.007692	1,700	0.0006	0.007715
16	2,000	1,990	10	1,350	0.007407	1,600	0.0006	0.006993
17	2,000	1,990	10	1,750	0.005714	2,500	0.0013	0.017857
18	2,000	1,990	10	1,700	0.005882	2,220	0.0013	0.016324
19	2,000	1,990	10	900	0.011111	2,150	0.0013	0.029861
20	2,000	1,990	10	700	0.014286	1,800	0.0002	0.004629
21	2,000	1,990	10	650	0.015385	1,600	0.0002	0.004431

22	2,000	1,990	10	650	0.015385	1,650	0.0002	0.004569
23	1,980	1,970	10	720	0.013889	3,470	0.0002	0.008675
24	1,960	1,950	10	720	0.013889	2,050	0.0002	0.005125
25	1,960	1,950	10	750	0.013333	2,570	0.0002	0.006168
26	1,950	1,940	10	800	0.012500	2,500	0.0002	0.005625
27	1,950	1,940	10	750	0.013333	3,300	0.0002	0.007920
28	1,940	1,930	10	950	0.010526	2,900	0.0003	0.010379
29	1,930	1,920	10	1,200	0.008333	2,250	0.0003	0.006375
30	1,920	1,910	10	1,000	0.010000	1,770	0.0003	0.006018
31	1,910	1,900	10	750	0.013333	1,800	0.0003	0.008160
32	1,900	1,890	10	700	0.014286	2,700	0.0003	0.013114
33	1,890	1,880	10	550	0.018182	3,300	0.0003	0.020400
							TOTAL	0.371376368

Cabe aclarar que dentro del área de balance, no existen corrientes permanentes ni cuerpos de agua superficiales importantes, por lo que los parámetros de la infiltración a lo largo de corrientes y la procedente de cuerpos de agua superficiales se descartaron en el cálculo de las entradas.

Infiltración por lluvia (Ip)

Este término de la ecuación de balance, que contempla la infiltración por lluvia en el área de balance y el volumen que pudiera infiltrarse a lo largo del cauce del Río Jerez, fue la incógnita por despejar.

Infiltración en áreas de riego (Ir)

El volumen de agua que anualmente retorna al acuífero como consecuencia del riego que se realiza en el área, se calculó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$I_r = \text{vol. r} * C_r$$

Donde:

Ir: Infiltración por riego

vol. r: volumen de agua aplicado al riego

Cr: Coeficiente de infiltración en la parcela

Sustituyendo valores:

$$I_r = 32.05 * 0.10 = 3.2 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

7.2.- Estimación de las salidas

Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)

El volumen que sale del sistema por flujo horizontal, fue calculado de igual manera a las entradas, dando como resultado un valor de 0.149319829 m³/s, obtenido en un total de 5 celdas de salida, por lo que el volumen para un año resultó ser de **4.71 Mm³/año** que drenan con dirección Sur, rumbo al Estado de Jalisco, fuera del área de balance.

Resultados del calculo de salidas por flujo horizontal (Sh)

NO. CELDA	H ₁ M	h ₂ m	Δh m	ΔL m	i m	B m	T m ² /s	Q m ³ /s
1	1880	1870	10	1120	0.00893	2600	0.001	0.026929
2	1880	1870	10	1050	0.00952	2150	0.001	0.011467
3	1880	1870	10	1170	0.00855	3550	0.001	0.038838
4	1880	1870	10	1350	0.00741	2670	0.001	0.025316
5	1880	1870	10	900	0.01111	3300	0.002	0.073700
TOTAL								0.149319829

Descarga por manantiales

El volumen de agua que brota a la superficie del terreno, por medio de 5 manantiales existentes en el valle de Jerez, fue estimado de acuerdo al gasto medio que estos proporcionan, ya que no se cuenta con observaciones hidrométricas. Este valor fue de **0.32 Mm³/año**.

Bombeo

El volumen extraído del acuífero a través del bombeo, ya fue analizado en el apartado de hidrometría, el cual resultó ser de **34.43 Mm³/año**.

7.3.- Cambio de almacenamiento

Para la determinación de este término se consideró la evolución piezométrica del acuífero en el intervalo de tiempo de abril de 1989 a mayo de 1998, en base a la cual se realizó la configuración de curvas de igual evolución del nivel estático determinando la variación del almacenamiento con la siguiente expresión:

$$CVA = S * A * h$$

Donde:

- CVA:** Cambio de almacenamiento en el período analizado
- S:** Coeficiente de almacenamiento promedio de la zona de balance
- A:** Area entre curvas de igual evolución del nivel estático
- h:** Valor medio de la variación piezométrica en el período

A consecuencia de la explotación del recurso, la posición de los niveles piezométricos han descendido propiciando una variación negativa del almacenamiento. El volumen de sedimentos drenados en el intervalo mayo 1989 - abril 1998, fue de 1,085.80 Mm³, que equivale a 120.64 Mm³/año, dando el siguiente resultado:

$$\text{CVA} = S * \text{Volumen drenado}$$

Sustituyendo valores:

$$\text{CVA} = 0.05 * 120.64$$

$$\text{CVA} = -6.03 \text{ (Mm}^3\text{/año)}$$

Calculo del cambio de almacenamiento del acuífero (CVA)

No. Area	Lectura del Planímetro	Factor	Area x 10 ⁶ (m ²)	Valor medio entre curvas (m)	Volumen Drenado x 10 ⁶ (m ³)
1	10	0.1	1.0	10.0	10.00
2	91	0.1	9.1	7.5	68.25
3	389	0.1	38.9	4.0	155.60
4	32	0.1	3.2	15.0	48.00
5	71	0.1	7.1	12.5	88.75
6	229	0.1	22.9	7.5	171.75
7	328	0.1	32.8	3.5	114.80
8	381	0.1	38.1	2.5	95.25
9	10	0.1	1.0	6.0	6.00
10	126	0.1	12.6	5.0	63.00
11	187	0.1	18.7	3.5	65.45
12	112	0.1	11.2	2.5	28.00
13	3	0.1	0.3	3.0	0.90
14	1	0.1	0.1	6.0	0.60
15	53	0.1	5.3	5.0	26.50
16	82	0.1	8.2	2.5	20.50
17	37	0.1	3.7	3.0	11.10
18	157	0.1	15.7	1.5	23.55
19	7	0.1	0.7	7.0	4.90
20	53	0.1	5.3	6.0	31.80
21	146	0.1	14.6	3.5	51.10
total					1085.80

Resultado Obtenido

De esta manera, el único parámetro de los que intervienen en la ecuación de balance que queda por determinar es la infiltración por lluvia (Ip), por lo que despejando este término en la ecuación de balance, se tiene:

$$I_p = S_h + D_m + B - E_h - I_r - CVA$$

Sustituyendo valores:

$$I_p = 4.7 + 0.32 + 34.4 - 11.71 - 3.2 - 6.03$$

$$I_p = 18.5 \text{ (Mm}^3\text{/año)}$$

Sustituyendo valores en la ecuación general de balance:

$$\text{entradas (E) - salidas (S) = cambio de almacenamiento (CVA)}$$

$$33.4 - 39.46 = -6.06 \text{ (Mm}^3\text{/año)}$$

De los resultados antes expuestos, se desprende que el acuífero se encuentra en condiciones de **equilibrio hidrodinámico**, puesto que la recarga que recibe el acuífero (33.43 Mm³/año), es muy similar a las extracciones por bombeo (34.43 Mm³/año), existiendo un desequilibrio muy pequeño en el sistema acuífero, del orden de 1 Mm³/año.

8.- DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA

Para el cálculo de la disponibilidad del agua subterránea, se aplica el procedimiento indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas establece la expresión siguiente:

Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica	=	Recarga total media anual	-	Descarga natural comprometida	-	Volumen anual de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA
---	---	---------------------------	---	-------------------------------	---	---

8.1 Recarga total media anual

La recarga total media anual, corresponde con la suma de todos volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural más la recarga inducida, que para el acuífero Jerez es de 33.4 millones de metros cúbicos por año (Mm³/año).

8.2 Descarga natural comprometida

La descarga natural comprometida, se cuantifica mediante medición de los volúmenes de agua procedentes de manantiales o de caudal base de los ríos alimentados por el acuífero, que son aprovechados y concesionados como agua superficial, así como las salidas subterráneas que deben de ser sostenidas para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes. Para el acuífero Jerez la descarga natural comprometida es de 0.32 millones de metros cúbicos por año (Mm³/año).

8.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA

En el acuífero Jerez- el volumen anual concesionado, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de abril de 2002 es de 50,535,096 m³/año.

8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

La disponibilidad de aguas subterráneas conforme a la metodología indicada en la norma referida, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPGA:

$$-17,455,096 = 33,400,000 - 320,000 - 50,535,096$$

La cifra **-17,455,096** indica que no existe volumen disponible para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada acuífero Jerez, en el estado de Zacatecas.

9. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

- Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, 1981, Síntesis Geográfica de Zacatecas, Texto y Planos.
- Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, 1982, Carta Geológica, escala 1: 250,000.
- Consultores S. A., 1974, Estudio Geohidrológico preliminar de la cuenca de Jerez, Estado de Zacatecas: S.A.R.H.
- Consultores S. A., 1981, Estudio Geohidrológico del Valle de Jerez, Estado de Zacatecas: S.A.R.H.
- Custodio, Llamas E., Hidrogeología Práctica.
- Johnson, Edward E., 1975, El aguas Subterránea y los Pozos: Johnson Division, UOP Inc.